

Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências

Paulo Vitor T. Souza, Nicéa Q. Amauro e Marcos Fernandes-Sobrinho

Neste texto apresentam-se resultados de uma proposta de atividade pedagógica tomando-se aspectos das inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), em que as ações realizadas se apropriam da elaboração e do lançamento de modelos de foguetes desenvolvidos a partir de garrafas de polietileno tereftalato (PET). A pesquisa foi desenvolvida durante 9 (nove) aulas de Química em uma escola pública, do interior da região Centro-Oeste, no estado de Goiás, Brasil. Os resultados apontam que a elaboração de modelos de foguetes pode ser uma alternativa didática viável para alcançar pressupostos da educação CTS, uma vez que insere os estudantes em momentos de avaliação de situações-problema, tomada de decisão crítica e responsável e, ainda, oferece elementos para superar a visão de ensino-aprendizagem compartimentada de conhecimentos científicos e tecnológicos. Sinalizam, ainda, a educação CTS como aliada importante e exequível para o ensino e a aprendizagem de conceitos relacionados à Química, Física, Matemática e Artes, por meio da contextualização do conhecimento e da interdisciplinaridade.

► educação CTS, intervenção pedagógica, foguetes ◀

Recebido em 26/08/2017, aceito em 27/10/2017

A educação fundamentada nas inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) se revela como alternativa viável para o ensino e a aprendizagem de temas científicos, além de proposta inovadora e motivadora, na medida em que favorece

atitudes de formação pessoal com relação ao ambiente e à qualidade de vida, possibilitando ao estudante tomar decisões relativas à temáticas trabalhadas, considerando aspectos científicos, tecnológicos, econômicos e políticos (Martínez e Rojas, 2006, p. 56, tradução nossa).

A educação CTS compõe elementos de uma reforma global na educação e no ensino de Ciências (Romero e Díaz, 2002). Para estes autores, o movimento CTS, no âmbito internacional de reforma do ensino das Ciências, desenvolve-se desde meados da década de 1980 e contempla ênfases curriculares que pressupõem metodologias e abordagens inovadoras de ensino de Ciências à promoção do desenvolvimento de letramento científico e tecnológico.

Esse movimento CTS é entendido como “um conjunto de reações acadêmicas que se contrapõe à concepção

tradicional, triunfante e essencialista da ciência e da tecnologia, subjacente aos modelos clássicos de gestão política” (Fernandes-Sobrinho, 2016, p. 51) e surgiu como decorrência de discussões que, além de permearem várias áreas do conhecimento como a economia, a sociologia e a política, implicavam diretamente direcionamentos sociais relacionados à Ciência, especialmente após a segunda guerra. Ocupou-se, basicamente, da crítica a questões relativas ao modelo desenvolvimentista, a partir dos avanços científicos e tecnológicos com impactos ambientais, desde o século XIX (Santos, 2011).

Nessa atmosfera, o movimento CTS na educação científica surge como consequência da discussão sobre a necessidade de se implementar novas propostas para o ensino, especialmente ao ensino de Ciências. Muitos trabalhos, inclusive no âmbito internacional, relativos à educação, confirmam a necessidade de se utilizar a relação CTS, principalmente em função dos interesses socioeconômicos, culturais e de formação da cidadania (Díaz *et al.*, 2003). Desta forma, esta perspectiva educacional pretende inserir os estudantes a participarem como cidadãos na sociedade, de forma ativa e crítica, e que tenham condições de tomada de decisões na sociedade (Aikenhead, 1994; Santos, 2011).

Nesse sentido, o professor é o elo entre este indivíduo e o conhecimento científico, cabendo a ele o compromisso ético e moral (Fernandes-Sobrinho, 2018) de desenvolver, no ambiente escolar, o papel de intermediador, de facilitador do conhecimento.

Ante o exposto e utilizando os pressupostos acima, o presente artigo apresenta resultados de uma proposta de ensino aplicada em uma escola pública federal, do interior da região Centro-Oeste, no estado de Goiás, em que foram utilizados foguetes de garrafas de polietileno tereftalato (PET), na perspectiva da educação CTS.

A proposta articula os ensinamentos de Química, Física, Matemática e Artes a partir da construção e do lançamento de foguetes e busca fundamentar a intervenção utilizada no viés de uma educação que tenha como pressupostos aspectos sociais, culturais e políticos, corroborando para a aprendizagem de cidadãos críticos e que possam se apropriar de conhecimentos científicos para tomada de decisões.

Nas atividades propostas, ofereceram-se momentos de reflexão aos educandos, a partir de conhecimentos científicos, aos quais se encontram inseridos, para que, no viés histórico da tecnologia e da sociedade, possam ter melhores condições para a tomada de decisão informada, no contexto social.

A Utilização de Modelos Astronáuticos no Ensino

Realizamos a revisão de literatura nos contextos internacional e nacional, com vistas a trazer contribuições à uma proposição didática de Ciências, pautada em modelizações astronáuticas, a partir de garrafas PET.

O Contexto Internacional das Publicações

No contexto japonês, Tomita *et al.* (2007) relatam que a construção de foguetes possui grande apelo entre as crianças, salientando, ainda, que estes são referenciados pelos eventos festivos típicos daquele país. Segundo os autores, a construção de modelos empregando garrafas PET é uma estratégia potencial para trabalhos interdisciplinares que, ao mesmo tempo, favorece o ensino de Ciências, podendo ser incorporada ao ambiente escolar. Suas limitações repousam em três pontos principais: a) baixa capacidade propulsora para o projétil ser lançado; b) baixa resistência do material escolhido para construir os foguetes [garrafas PET]; e c) segurança e integridade física dos lançadores de foguetes, uma vez que a trajetória, quase sempre errática, pode provocar acidentes aos participantes e observadores. Essas limitações, segundo estes autores, podem gerar temas relevantes para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, no contexto de estudos envolvendo as áreas de Física, Astronomia, Química e Engenharia.

Jayaram *et al.* (2010) mencionam a existência de cursos introdutórios, para a carreira de Engenharia Aeroespacial, que buscam apresentar aos universitários calouros alguns conceitos generalistas, como: princípios de aerodinâmica, desempenho, propulsão, estruturas sobre foguetes e mecânica orbital. Relatam as atividades que encorajam os estudantes a desenvolverem: a capacidade de trabalhar em grupo; as habilidades comunicativas; e o conceito de ética. De acordo com os autores, os projetos de construção de foguetes

expõem os estudantes à excitação do exercício profissional de suas carreiras futuras, motivando-os para as demais disciplinas da graduação; criam um ambiente de competição amigável, estimulando a criatividade; visam propiciar um contexto de aprendizagem ativa, envolvendo habilidades de resolução de problemas, assim como a aquisição de um quadro conceitual; e promovem articulações entre teoria e prática. No

entanto, trata-se aqui da construção de modelos de foguetes mais elaborados, envolvendo materiais específicos, e não improvisações.

No trabalho de Fletcher *et al.* (1999), os foguetes servem à demonstração de importantes princípios de Física, Química e Engenharias, e que a construção de modelos pode ser uma atividade interessante a ser incorporada à educação formal. Os autores relatam então atividades envolvendo a construção de modelos utilizando papel alumínio e combustíveis sólidos, como a parafina – modelos que, segundo afirmam, conseguem voar até cerca de 6 m de altura. Segundo os autores, apesar da existência de modelos de foguetes prontos no mercado, é mais vantajosa a criação de protótipos, por parte dos próprios alunos, na sala de aula. Ao contrário das outras propostas que apresentamos, trata-se aqui de uma atividade que envolve certos riscos – os autores mencionam, inclusive, que os estudantes participantes das atividades devem estar munidos de óculos de proteção, e que cuidados devem ser tomados para se evitar incêndios – já que os lançamentos dos modelos dependem de uma reação química de combustão.

Kagan *et al.* (1995) descrevem a construção de modelos de foguetes, utilizando garrafas PET com capacidade para 2 L, também com propulsão a água. Os autores afirmam que tais modelos podem voar a até 20 m de altura. Mencionam também que o movimento desses foguetes pode ser descrito por meio de uma Ciência/Física que envolve: a Segunda Lei de Newton; os conceitos de momento e velocidade relativa; o escoamento de fluidos e o princípio de Bernoulli; e a expansão adiabática de um gás ideal.

Ao desenvolver um modelo para explicar o comportamento de um foguete em miniatura, os autores ilustram a forma como a Física pode ser aplicada em problemas da vida real, e afirmam que esse aspecto pode chamar a atenção dos estudantes.

A proposta articula os ensinamentos de Química, Física, Matemática e Artes a partir da construção e do lançamento de foguetes e busca fundamentar a intervenção utilizada no viés de uma educação que tenha como pressupostos aspectos sociais, culturais e políticos, corroborando para a aprendizagem de cidadãos críticos e que possam se apropriar de conhecimentos científicos para tomada de decisões.

No Brasil também foram realizadas pesquisas a partir da temática sobre foguetes em ações pedagógicas (Souza, 2007; Cuzinatto *et al.*, 2015; Leão *et al.*, 2015; Oliveira, 2015).

Oliveira (2015) realizou um projeto escolar em que os estudantes do ensino fundamental construíram modelos de foguetes. De acordo com o autor, a proposta foi iniciada por uma consulta, por parte dos discentes, em que esses deveriam apontar possibilidades para propulsão dos projéteis. Segundo o autor, foram apresentados formas para o lançamento envolvendo reações químicas complexas que dificultam a execução na escola.

Leão *et al.* (2015) apontam que os modelos de foguetes podem ser pensados também como “automóveis”, visando lançamentos horizontais, utilizando o ar comprimido no processo de propulsão. Cuzinatto *et al.* (2015) também apresentam o lançamento de foguetes, inclusive com ar comprimido, mas direcionada por ações universitárias, com docentes e discentes de cursos de Engenharia Química e de Minas.

Segundo Souza (2007) e Cuzinatto *et al.* (2015), o modelo de foguete é um mecanismo de despertar o interesse de estudantes dos ensinos fundamental e médio pelas disciplinas de Física e Matemática. Segundo os autores, a observação do lançamento dos foguetes pode sugerir curiosidades e, posteriormente, investigações de diversos temas em Ciências/Física, inclusive para a educação básica: resistência dos materiais, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento, velocidade relativa, balística, gravitação, aerodinâmica, escoamento de fluidos, equação de Bernoulli, equação de continuidade, conservação da energia, expansão adiabática de gases, balística e centro de massa.

Por outro lado, existem também as ações de intervenção que têm como objetivo aproximar a temática dos foguetes com assuntos estudados em Química. Nesse caso, podemos nos apropriar do tema para estudos das transformações físicas, das evidências de reações, combustão, balanceamento, termoquímica, gases, proporção de massas e soluções. O fato de as transformações da matéria se constituírem em assunto central da Química (Rosa e Schnetzler, 1998) favorece diversas subáreas, ou mesmo outros assuntos, que possam ser trabalhados em atividades que as/os envolvam.

As propostas mencionadas, nesta breve revisão, mostram-nos que modelos de foguetes são formas interessantes de ensinar Ciências e podem motivar a aprendizagem de conceitos científicos. Entretanto, não foram encontradas na revisão realizada ações que se apropriassem da educação CTS com vistas à formação ampla e crítica dos estudantes, o que se apresenta como uma justificativa plausível para este artigo.

A construção de modelos de foguetes, por serem artefatos tecnológicos, podem considerar as discussões sobre a Ciência na sociedade, assim como os impactos que essa tem a partir de um desenvolvimento tecnológico, a exemplo dos foguetes e assemelhados. A revisão apresentada também nos mostra que os trabalhos relacionados à construção de foguetes promovem sociabilização e, ainda, possibilita um aprendizado lúdico e mobilizador por parte do educando.

Entretanto, o lúdico sem embasamento teórico que sus-

tente ações que visem a formação de pessoas e possibilitam aprendizado, pouco favorece a formação cidadã dos estudantes (Souza, 2007; Queiroz e Cuzinatto, 2017). Desta forma, proposições fundamentadas na educação CTS podem contribuir com a tomada de decisão informada, à luz de uma formação mais crítica sobre a Ciência e a Tecnologia, que leve em conta os impactos das tecnologias na sociedade e, também, o estudo de temas que extrapolam a compartimentalização de conteúdos.

Muitas vezes, os estudantes podem até conhecer os tipos de

reações químicas existentes (simples troca, dupla troca, síntese e decomposição), entretanto muitos não compreendem sobre os gases liberados na combustão completa e incompleta de um combustível, por exemplo. Isso, portanto, é preocupante e precisa ser levado em consideração no ensino de Química e Ciências. Ações embasadas na educação CTS superam a simples memorização de regras e fórmulas e inserem os discentes em momentos de reflexão sobre o contexto social, científico e tecnológico.

Outra contribuição para utilização dos modelos de foguetes para o ensino de Ciências é que a proposta pode compreender diversos níveis da escolarização: desde o ensino de Ciências nos ensinos fundamental e médio (se referido ao contexto brasileiro); para intervenções com caráter de divulgação científica, em trabalhos de extensão dirigidos a um público diversificado; até graduandos de cursos como Química, Física, Ciências Naturais e Engenharia Aeroespacial; e, finalmente, professores de Ciências em processo de formação contínua.

Percurso Metodológico

Concebemos a natureza deste trabalho segundo os fundamentos da pesquisa-ação. Nessa, o pesquisador se envolve no trabalho como um participante ativo, em conjunto com os demais sujeitos convidados (Engel, 2000). Como referencial metodológico, utilizamos a análise de conteúdo (AC) proposta por Bardin (2011) que consiste, basicamente, de três fases para a consecução da análise, que foram: (1) pré-análise,

[...] existem também as ações de intervenção que têm como objetivo aproximar a temática dos foguetes com assuntos estudados em Química. Nesse caso, podemos nos apropriar do tema para estudos das transformações físicas, das evidências de reações, combustão, balanceamento, termoquímica, gases, proporção de massas e soluções. O fato de as transformações da matéria se constituírem em assunto central da Química (Rosa e Schnetzler, 1998) favorece diversas subáreas, ou mesmo outros assuntos, que possam ser trabalhados em atividades que as/os envolvam.

(2) exploração do material, e (3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Desenvolvemos uma sequência de atividades em uma instituição pública federal de ensino em uma cidade do interior do Centro-Oeste do estado de Goiás. A proposta teve como foco principal a inserção dos estudantes da educação básica como protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, e se inspirou nos trabalhos supracitados, mostrados na revisão que apontamos na seção anterior, envolvendo projeto de construção e lançamento de modelos de foguetes, fundamentado na educação CTS.

Tivemos a participação e o envolvimento dos estudantes da primeira série de uma instituição pública do estado de Goiás. Buscamos inserir os estudantes em todo o processo da pesquisa, já que ocorria a investigação da potencialidade de uma proposta didática, no caso a construção e o lançamento de foguetes, para o ensino de Química, articulado com outras áreas do conhecimento, embasado na educação CTS. No anexo deste artigo, segue o material complementar que mostra, detalhadamente, a confecção dos modelos de foguetes.

Para a coleta de dados foram utilizadas nove aulas, cada uma com duração de 50 minutos. Durante a intervenção na escola registramos as atividades a partir de fotografias, da produção escrita dos estudantes e de gravações em áudio. Durante a exposição dos resultados, em momentos oportunos e quando for necessário, iremos apresentar relatos dos estudantes participantes. Ressaltamos que, para garantir o anonimato, iremos utilizar nomes fictícios dos estudantes, a saber: Bruna, Carla, Inácio, Pedro, Ana, José, Ricardo, Fabiana e Tereza. As aulas foram organizadas segundo a sequência exposta no Quadro 1.

Resultados e Discussão

Percebemos que ações escolares que favorecem a investigação são importantes mecanismos para estimular os estudantes na busca por soluções de problemas (importante ponto na educação CTS). Mas a escola precisa se preocupar também que os estudantes se envolvam na busca por soluções por meio da manipulação de artefatos concretos, como no caso da elaboração dos foguetes; e, a partir desses, abordar os temas específicos de cada disciplina.

Buscamos incentivar a preocupação dos educandos com a questão social, cultural e histórica do lançamento de foguetes no espaço. O professor-pesquisador (também autor deste artigo), juntamente com o convidado, pesquisador em Astronomia, conduziram os estudantes a refletirem sobre os impactos que os lançamentos de foguetes têm no espaço, especialmente pelo lixo espacial gerado. Promover discussões em sala de aula e em intervenções educativas é fundamental para a busca de se realizar uma proposta que seja, ou pelo menos, tenha condições de ser fundamentada na educação CTS.

Ressaltamos que o trabalho concretizado apropriou-se de uma temática que favorece a abordagem de conteúdos específicos de Química, propostos nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (Brasil, 2013), articulado com outras áreas do conhecimento, como Física, Geografia e Matemática.

Nas aulas 2 e 3, principalmente, as discussões centraram-se em conceitos da Mecânica e da Geometria. Por exemplo, o formato da garrafa e a resistência do ar, sendo a escolha por garrafas cilíndricas um fator importante para a aerodinâmica dos foguetes. Além disso, conduzimos os estudantes para a reflexão sobre os diferentes impactos (sociais, ambientais, econômicos e políticos), pontos fundamentais da educação CTS, que os foguetes podem causar, a partir dos materiais utilizados para a construção dos foguetes, assim como os seus propulsores.

Também possibilitamos o estudo de conceitos de Geometria (plana e espacial), como área da circunferência e volume do cilindro. Tais conceitos foram aplicados na tomada de medidas dos materiais empregáveis na construção dos modelos, utilizando-se réguas e equações matemáticas. Além da busca pela integração entre os conteúdos das disciplinas de Física e Matemática, explicitamos aos educandos que eles poderiam explorar sua criatividade para customizar os protótipos, buscando, assim conhecimentos trabalhados nas aulas de Artes para ajudá-los no acabamento dos foguetes. Foi pontuado com os estudantes, ainda, sobre as diversas formas de construção de foguetes, utilizando a tecnologia, a partir da ciência (que é de natureza humana e coletiva).

No que diz respeito à disciplina de Química, conseguimos ainda mais envolver os discentes nas discussões, já

Quadro 1: Aulas e correspondentes atividades desenvolvidas

Aula(s)	Atividade(s)
1	Os estudantes fizeram consultas na <i>internet</i> sobre possibilidades de elaborar modelos de foguetes.
2 e 3	O docente registrou no quadro possíveis materiais a serem utilizados na construção dos foguetes. Os materiais mais mencionados para a confecção dos foguetes foram: garrafa PET, fita adesiva, areia, tesoura, papelão, alfinete, régua, saco plástico, chapas de raios-X. Esses materiais foram trazidos à sala de aula pelos próprios estudantes. Nessas aulas tivemos discussões, iniciais, de conceitos escolares relevantes para a compreensão das atividades com os foguetes: transformações físicas e químicas, reações químicas, Leis de Newton e formas geométricas.
4 e 5	Palestra com pesquisador em Astronomia, sobre o tema “Modelos de Foguetes Corrida Espacial”.
6 e 7	Os estudantes, reunidos em grupos, construíram os foguetes.
8 e 9	Lançamentos dos modelos de foguetes.

Fonte: Elaboração nossa. Dados da pesquisa.

que a abordagem CTS permite superar ações em que esses não sejam sujeitos ativos no processo de aprendizagem. Percebemos também que o envolvimento depende do contexto em que os estudantes fazem parte; isto é, se o meio incentiva à busca do conhecimento, esse já é um grande passo para a participação efetiva no processo de aprendizagem. Dessa forma, notamos que a proposta realizada na escola, utilizando os foguetes de garrafas PET fundamentado na educação CTS, possibilita despertar o interesse dos aprendizes e, ao mesmo tempo, inseri-los em momentos de aprendizado.

Logo quando o professor solicita aos estudantes para apontarem exemplos de transformações de materiais, os estudantes se manifestam: repartir uma folha, cortar madeira, evaporação da água, apodrecimento de frutas, queima de materiais, confecção de bolo, dentre outros. O docente então conduziu os estudantes a observarem que tipos de mudanças (cor, textura, volume, tamanho, formato, estado físico) teriam ocorrido nos materiais envolvidos nessas transformações. Com a elaboração de um quadro, os educandos observaram que alguns dos exemplos envolviam alterações na composição dos materiais. A partir daí, foram introduzidas algumas considerações sobre os conceitos de transformação física e transformação química.

Examinando-se o caso das transformações químicas, foram introduzidos novos conceitos: reagente(s), produto(s), coeficientes estequiométricos (nota-se que, normalmente, são temas trabalhados na segunda-série do ensino médio). Então, explicamos que uma das formas de propulsão que poderia ser utilizada para o lançamento dos foguetes seria a decorrente de uma reação química. A reação sugerida foi a produção de gás carbônico por meio da mistura entre ácido acético e bicarbonato de sódio. Percebeu-se que os estudantes já possuíam alguns conhecimentos prévios sobre as propriedades desses reagentes, pois foi lançado, pelo docente, o seguinte questionamento: “Onde podemos encontrar esses reagentes?”

Para o bicarbonato tivemos algumas sugestões, como: “na farmácia professor” (Bruna); “naquilo que usa para fazer o pão” (Ricardo); “minha mãe usa um negócio para fazer rosca que tem bicarbonato de sódio” (Ana); “também acha na farmácia” (Ana).

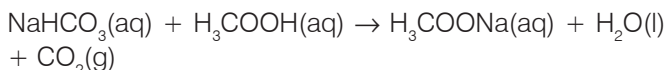
Em relação ao ácido acético, os estudantes não souberam, ou não relataram onde este reagente poderia ser encontrado. Diante disso, explanou-se que o ácido acético pode ser encontrado no vinagre. Colocou-se, no quadro negro, a fórmula estrutural e molecular do ácido, em seguida evidenciou-se a estrutura de cadeia aberta carbônica, a saturação e as ligações entre os átomos da molécula. Outro ponto fundamental de discussão é que o tema cadeia carbônica, geralmente, é trabalhado na 3ª série do ensino médio e, por meio de atividades que tendem a educação CTS, são possíveis superar a compartimentação da própria disciplina.

Além desses, iniciamos uma breve discussão, buscando superar a exposição de conteúdos, com os aprendizes sobre solução e os seus componentes (soluto e solvente). A reação química, representada macroscopicamente, entre ácido

acético e bicarbonato de sódio recebeu algumas representações no quadro negro. A primeira foi:

fermento químico + vinagre → acetato de sódio + água + gás carbônico

Posteriormente, foi apresentada a seguinte representação:



Ao incentivar que os estudantes compreendessem as relações e correspondências entre as duas formas, foi possível abordar alguns aspectos concernentes aos níveis de representação do conhecimento químico (Johnstone, 1982), articulando-se os níveis sensorial ou perceptivo (nível macroscópico) e o representacional (nível simbólico). Discutimos a relação estequiométrica entre os reagentes e que, para a nossa reação, poderíamos utilizar a recomendação de alguns manuais, como o da Mostra Brasileira de Foguetes (Mobfog), disponível no sítio da Olimpíada Brasileira de Astronomia (www.oba.org.br), a qual explicita a reação química com 500 mL de vinagre e 250 g de fermento, ou testar outras medidas.

Três grupos buscaram outras medidas, alterando a quantidade de volume de ácido e massa de fermento, entretanto alegam que “*utilizar menos fermento diminui a força do foguete*” (Inácio); “*o foguete fica mais fraco e não consegue ir muito longe*” (Carla). Nisso chegam a conclusão de que “*quanto maior a quantidade de fermento e vinagre, mais chances o foguete tem de ir mais longe*” (Inácio).

Percebemos que proposições dessa natureza favorecem os estudantes a terem autonomia para a resolução de problemas. Por exemplo, alguns estudantes optaram por utilizar o isopor de alta densidade, ou lâminas de policloreto de vinila (PVC), para fazer as aletas, em substituição as do papelão. Isso mostra que eles se preocupam com o desenvolvimento do protótipo e, para isso, precisam se preocupar com o material a ser feito o projétil, assim como deixar o foguete com o bico mais afinado e fitas adesivas, de baixa densidade, contornando o foguete. Foi percebido que existem várias outras formas de se construir um modelo de foguete com garrafas PET e, por conseguinte, é importante a criatividade dos estudantes, mas ao mesmo tempo, embasamento nos conceitos de Ciência para a melhoria do foguete. Seguem, na Figura 1, modelos de foguetes construídos pelos estudantes.

Houve a intenção de promover ações didático-metodológicas que fossem fundamentadas na educação CTS, assim buscamos desenvolver, em cada etapa da pesquisa, atividades que, pelo menos, se aproximassem da inter-relação entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade com os conteúdos escolares.

Análise das Entrevistas

A partir da transcrição das entrevistas [constantes dos



Figura 1: Foguetes de garrafas PET construídos pelos estudantes.

6 áudios], elaboramos os quadros 2, 3 e 4 com base na perspectiva analítica da análise de conteúdo (Bardin, 2011), consignando extratos das transcrições, como exemplo de construção das três categorias de análise: a) relação entre os conceitos de astronáutica inseridos na atividade desenvolvida e possibilidade na perspectiva da educação CTS; b) assuntos escolares a partir da proposição didática; e, por fim, c) avaliação, por parte dos estudantes, da proposição didática.

Quadro 2: Categoria de análise – impactos socioambientais

Unidade de análise e categoria [entrevistados]: Relação entre os conceitos de astronáutica inseridos na atividade desenvolvida e possibilidades na perspectiva da educação CTS.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Relação da astronáutica e da atividade desenvolvida com o processo educativo na perspectiva CTS.
Unidades de registro (temas)	“conhecer outras coisas, outros conhecimentos além da escola”. Sugere aspectos socioambientais decorrentes da atividade aeroespacial.
	“demorado para construir, por isso foi longe”; “o próximo vai mais longe”. Ideia de planejamento, de consumo energético para maiores alcances, o que nos remete a aspectos socioambientais, sustentabilidade e tomada de decisões, baseadas no conhecimento científico.
	“entender como que funciona as reações químicas”; “a pressão pra poder lançar o foguete”. Estabelece relações entre conhecimento científico e planejamento vinculado à atividade desenvolvida, a conceitos como o de energia, e que envolvem aspectos sociocientíficos e ambientais.
Excertos de entrevistas: (Ilda): Eu achei super legal e interessante a proposta, porque abre as portas pra gente <u>conhecer outras coisas, outros conhecimentos além da escola</u> , como Astronomia, Astronáutica, lixo espacial. (José): o meu foguete foi <u>demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe</u> . (Ana): <u>entender como que funciona as reações químicas</u> , as substâncias para fazer misturas e também como funciona <u>a pressão pra poder lançar o foguete</u> que envolve toda uma parte física e química [...].	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Impactos socioambientais.	

Considerações Finais

Este trabalho apontou resultados que identificam possíveis ações escolares em que os estudantes não são meros expectadores na sala de aula. A elaboração de modelos de foguetes, fundamentada na educação CTS, propõe uma situação de ensino-aprendizagem para trabalhar conceitos de Química, articulados com outras disciplinas, como Física, Geografia, Matemática e Arte, em uma perspectiva crítica e ativa à tomada de decisões na sociedade (Aikenhead, 1994; Santos, 2011).

Destacamos, ainda, a complexidade de se realizar ações com interface na educação CTS. Mesmo que seja uma “interface” e não, de fato, uma “aplicação” de uma proposta CTS, acredita-se que trabalhos e pesquisas como esta podem proporcionar aos pesquisadores em educação e professores do ensino básico possibilidades de intervenções que se aproximem da educação CTS.

Concomitantemente, partindo em busca do enfrentamento às dificuldades vivenciadas pelos profissionais de escolas de educação básica no Brasil – envolvendo infraestrutura, condições de trabalho precárias, pouco incentivo à formação continuada e desvalorização do magistério – a proposta procura superar um ensino de Ciências fragmentado e sem aplicabilidade em contextos não escolares, contribuindo com ações em que o estudante seja inserido em momentos de reflexão e tomada de decisão informada.

Nesse sentido, o trabalho adere ao que se apresenta na versão preliminar da BNCC encaminhada ao Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2018), em que Strieder *et al.* (2016) destacam “quatro aspectos, relacionados: a) aos

Quadro 3: Categoria de análise – conceitos sociocientíficos

Unidade de análise e categoria: Resultados do trabalho coletivo e relação com os conceitos sociocientíficos.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Discussões acerca dos assuntos trabalhados na proposição didática.
Unidades de registro (temas)	“se o meu grupo tivesse misturado mais o fermento e o vinagre, a reação química seria melhor”. Nota-se pelo relato que os estudantes, coletivamente, inferem uma discussão inicial, que tendem a criticidade [‘se o meu grupo tivesse misturado mais’... ‘a reação química seria melhor – em uma próxima oportunidade para a construção dos modelos de foguetes, os estudantes poderão se atentarem a mistura dos reagentes’].
	“entender como funciona as reações químicas”. A proposta didática possibilitou que os estudantes pudessem observar fenômenos, como a mistura de reagentes, formando o propulsor do foguete. Isso colabora na percepção dos aprendizes sobre as ferramentas tecnológicas, bem como os conceitos sociocientíficos: ocorrências e evidências das transformações químicas e físicas.
	“entender como funciona as reações químicas, as substâncias para fazer misturas e também como funciona a pressão pra poder lançar o foguete que envolve toda uma parte física e química”. Este extrato aponta uma discussão crítica, ainda que inicial, sobre os conceitos sociocientíficos e as modelizações de foguetes. Também podemos perceber que os estudantes transitam pelos diferentes conteúdos de Ciências, superando a visão compartimentada na própria área do conhecimento. Ações temáticas, fundamentadas na educação CTS, em que envolve os discentes, podem possibilitar a superação de um ensino fragmentado [por mais que isso já venha sendo investigado na literatura, ainda precisamos nos atentar a propostas que, de fato, superem o ensino fragmentado].
Excertos de entrevistas: (Fabiana): <u>se o meu grupo tivesse misturado mais o fermento e o vinagre, a reação química seria melhor.</u> (Ana): Ah, é muito bom! Eu acho que ajuda a gente a <u>entender como funciona as reações químicas, as substâncias para fazer misturas e também como funciona a pressão pra poder lançar o foguete que envolve toda uma parte física e química.</u> Assim é melhor do que aprender só na sala de aula.	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Conceitos sociocientíficos.	

Quadro 4: Categoria de análise – posicionamento crítico

Unidade de análise e categoria: Avaliação da proposta, por parte dos estudantes, e tomada de decisão, com posicionamento crítico.	
Modo de coleta: Entrevista semiestruturada	
Unidade de contexto	Avaliação.
Unidades de registro (temas)	“é muito importante ter essas atividades na escola, com conhecimentos que a gente adquiri”. Além dos conteúdos específicos de Ciências, Astronáutica e Astronomia, que podemos abordar durante a realização do projeto, possibilitamos a socialização, o trabalho em equipe e estimulamos a inserção em um processo de resolução de problemas, pontos fundamentais na educação CTS.
	“acabou estragando o meu foguete para fazer o lançamento, vamos fazer outro dia para lançar de novo?”; “quero lançar de novo”; “o próximo vai mais longe”. Percebe-se que as atividades favoreceram o posicionamento crítico, inclusive para os estudantes se sentirem pertencentes às proposições da escola. Quando o aluno aponta a falha ao colocar um foguete na base de lançamento, pode caracterizar a criticidade por meio da tomada de decisão. Quando os estudantes sugerem uma nova oportunidade para mostrar os trabalhos, podemos entender que as atividades tiveram impacto na escola e possibilitaram os discentes a serem protagonistas das ações e esse pode ser um dos motivos dos estudantes quererem proposições dessa natureza em outros momentos.
	“foi demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe”. Este excerto mostra que os estudantes tiveram um envolvimento com a proposição na escola e já conseguem vislumbrar possibilidades para outros modelos de foguetes – isso mostra o posicionamento dos estudantes em melhorar o desempenho dos modelos.
Excertos de entrevistas: (Fabiana): Éh, foi uma proposta boa, eu interpreto muito bem essa questão, que eu acho assim, que <u>é muito importante ter essas atividades na escola, com conhecimentos que a gente adquiri</u> , que nós adquirimos. (José): acabou <u>estragando o meu foguete para fazer o lançamento, vamos fazer outro dia para lançar de novo?</u> (Pedro): Professor, o meu foguete ficou prejudicado por causa da plataforma, ele foi solto antes da pressão ideal, <u>quero fazer de novo.</u> (Ilda): o meu foguete <u>foi demorado para construir por isso foi longe, o próximo vai mais longe.</u>	
Categoria gerada após análise de todas as falas pela técnica de síntese: Posicionamento crítico dos estudantes.	

objetivos formativos da área; b) às questões sociocientíficas (QSC); c) à interdisciplinaridade; d) à capacidade de argumentar.” (p. 99).

Desta forma, consideramos importante pontuar que os modelos de foguetes, construídos por meio da garrafa PET, possibilitam discutir temas escolares (Souza, 2007), como transformações da matéria, geometria, reações químicas, entre outros. Para tanto, destaca-se que o docente não pode desprezar a simplicidade e a importância de estratégias didático-pedagógicas, relativamente simples, mas que superam os aspectos teóricos, geralmente trabalhados em sala de aula.

Acreditamos no potencial transformador que a divulgação de ações como as apresentadas neste artigo possui, já que podem inspirar e mobilizar proposições que vão ao encontro do que acreditamos: superar o ensino de Ciências fragmentado, compartimentado e deslocado do contexto de realidade, sem valorizar a participação ativa e crítica dos estudantes durante as atividades de ensino-aprendizagem.

Paulo Vitor Teodoro de Souza (paulovitorteodoro@yahoo.com.br) é licenciado em

Química e mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). É docente do quadro permanente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) e cursa doutorado em Educação em Ciências na Universidade de Brasília (UnB). Atuou como coordenador de Iniciação Científica e Tecnológica (2015), gerente de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (2015-2018) e coordenador do Programa de Pós-Graduação (Lato Sensu) em Ensino de Ciências e Matemática (2016-2018) no IF Goiano – Campus Catalão. Catalão, GO – BR. **Nicea Quintino Amauro** (nicea.ufu@gmail.com) possui bacharelado em Química pela Universidade de São Paulo (USP), desenvolvida no Instituto de Química de São Carlos – IQSC e concluída no ano de 2001. Doutora e mestre em Ciências nesta mesma instituição. Atualmente é professora adjunta, nível 3, da UFU, lotada no Instituto de Química. É credenciada no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) e do Programa de Pós-graduação em Química (PPQUI) da UFU. Uberlândia, MG – BR. **Marcos Fernandes-Sobrinho** (marcos.fernandes@ifgoiano.edu.br) é graduado em Física pela UFU, bacharel em Administração pela Faculdade de Administração de Brasília (FAAB), especialista em Física pela UFU, mestre e doutor em Educação em Ciências e Matemática pela UnB com estudos de pós-doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (PPGE/FC/Unesp/Bauru). É professor D-IV (associado II) do quadro de pessoal permanente da área de Física Aplicada e coordenador do curso em Biotecnologia, do IF Goiano - Campus Urutá. É docente permanente no Mestrado em Educação Profissional Tecnológica (ProfEPT/IF Goiano) e no Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional da Universidade Federal de Catalão (PPGO/UFCat). Grupos de Pesquisa CNPq: EduCAME - Educação Científica, Avaliação e Materiais de Ensino (IF Goiano) e AvFormativa - Educação Continuada de Professores e Avaliação Formativa (Unesp). Urutá, GO – BR.

Referências

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. S. (Eds.). *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, 1994, p. 47-59.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.

BRASIL, Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular*. Versão encaminhada ao CNE. Brasília: MEC, 2018. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf, acessado em Junho 2018.

_____, _____. Secretaria de Educação Básica, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, Conselho Nacional da Educação. *Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica*. Brasília: MEC, 2013.

CUZINATTO, R. R.; D'AMBROSIO, A. M.; ANDRADE, H. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A.; MARTINS, R. D. e TOLEDO FILHO, M. F. Rocketeers UNIFAL-MG: o ensino de física através do lançamento de foguetes artesanais. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 40-62, 2015.

DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, Á. V. e MAS, M. A. M. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 2, p. 80-11, 2003.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. *Educar em Revista*, n. 16, p. 181-191, 2000.

FERNANDES-SOBRINHO, M. Enunciative texts present in physical issues of editions of a brazilian national exam as possible triggers of socio-scientific discussions. *Creative Education*, v. 9, p. 308-321, 2018.

_____. *Temas sociocientíficos no Enem e no livro didático: limitações e potencialidades para o ensino de Física*. Tese

(Doutorado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FLETCHER, A. S.; CATO, J. A.; BARRET, J. A. e HUEBNER, J. S. Micro-rockets for the classroom. *American Journal of Physics*, v. 67, p. 1031-1033, 1999.

JAYARAM, S.; BOYER, L.; GEORGE, J.; RAVINDRA, K. e MITCHELL, K. Project-based introduction to aerospace engineering course: a model rocket. *Acta Astronautica*, n. 66, p. 1525-1533, 2010.

JOHNSTONE, A. Macro and microchemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KAGAN, D.; BUCHHOLTZ, L. e KLEIN, L. Soda-bottle water rockets. *The Physics Teacher*, v. 33, p. 150-157, 1995.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C. e DEL PINO, J. C. Formação de professores voltada para promover aprendizagens com significado por meio de um ensino dinâmico. *Pedagogia em Foco*, v. 10, n. 4, p. 4-18, 2015.

MARTÍNEZ, L. e ROJAS, A. Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, para la enseñanza de aspectos de Bioquímica. *TEA*, v. 19, p. 44-62, 2006. Disponível em <http://www.alternaciencias.com/PDFsAlterna/LineaCTSAGrupoAlternacienciasUPN2011%202/ArticulosEnRevistas/1042-3664-1-PB.pdf>, acessado em Junho 2018.

OLIVEIRA, A. C. Viagem às alturas: confecção de foguetes com garrafas PET. *EBR – Educação Básica Revista*, v. 1, n. 2, p. 135-141, 2015.

QUEIROZ, A. M. e CUZINATTO, R. R. O efeito do arrasto no lançamento de foguetes artesanais: aspectos teóricos. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 4, n. 2, p. 82-109, 2017.

ROMERO, A. P. e DÍAZ, J. A. Proyectos e materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos e ejemplos. *Bordon*, v. 54, n. 1, p. 5-18, 2002.

ROSA, M. I. F. P. S. e SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo

de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 31-35, 1998.

SANTOS, W. L. P. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. P. e AULER, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 21-48.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; FERNANDES-SOBRINHO, M. e SANTOS, W. L. P. A educação CTS possui

respaldo em documentos oficiais brasileiros? *ACTIO*, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016. Disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/4795>, acessado em Junho 2018.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.

TOMITA, N.; WATANABE, R. e NEBYLOV, A. V. Hands-on education system using water rocket. *Acta Astronautica*, n. 63, p. 1116-1120, 2007.

Abstract: *Astronautical Modeling in the Perspective of STS Education: proposal of integrative activity in the teaching of Sciences.* In this article, we present the results of a proposal of pedagogical activity taking aspects of the Science-Technology-Society interrelationships (STS), in which the actions carried out appropriated the construction and the launching of models of rockets developed from bottles of polyethylene terephthalate (PET). The research was developed during 9 (nine) Chemistry classes in a public school, in the interior of the Center-West region, in the state of Goiás, Brazil. The results point to it as a viable didactic alternative to reach the assumptions of STS education, since it inserts the students in moments of evaluation of problem situations, critical and responsible decision making, and also offers elements to overcome the vision of teaching-compartmentalized learning of scientific and technological knowledge. They also point to STS education as an important and feasible ally for the teaching and learning of concepts related to Chemistry, Physics, Mathematics and the Arts, through the contextualization of knowledge and interdisciplinarity.

Keywords: STS education, pedagogical intervention, rockets

Anexo

Descrição para a Elaboração dos Modelos de Foguetes

Cada grupo poderia utilizar da criatividade e buscar formas para construção dos foguetes e das bases de lançamento, assim como os grupos poderiam se orientar pelos manuais e vídeos disponibilizados no *site* da Mobfog (www.oba.org.br). Para confecção dos modelos, a forma mais simples de construção que os estudantes, e nós professores, encontramos foi utilizando os materiais: 2 garrafas PET, fita adesiva, papelão e tesoura.

A possibilidade de construção, inicialmente, foi para cortar a parte superior de uma das garrafas, pois essa seria o “bico” do foguete, como mostra a Figura 1. Da garrafa que foi cortada, retiramos, da parte central, 10 cm, aproximadamente, da garrafa. Essa parte foi utilizada para fazer a “saia” do modelo, ainda como mostra a Figura 1.

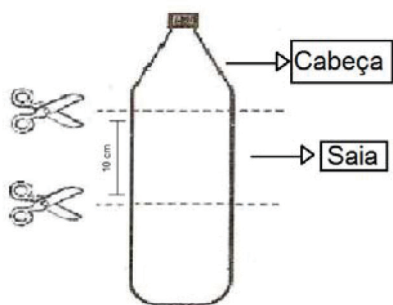


Figura 1: Recorte do bico e da saia do foguete. Fonte: elaboração própria dos autores.

Posteriormente, inserimos o bico da garrafa e a saia na outra garrafa. Colocamos uma pequena quantidade de areia, aproximadamente 20 g, em um saco plástico, e, em seguida, no bico do foguete, prendendo-a com a tampa da garrafa, como mostra a Figura 2. Depois encaixamos o bico e a saia na outra garrafa, como mostra a Figura 3.

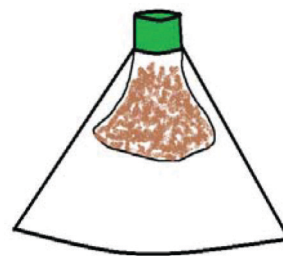


Figura 2: Bico do foguete com areia. Fonte: elaboração própria dos autores.

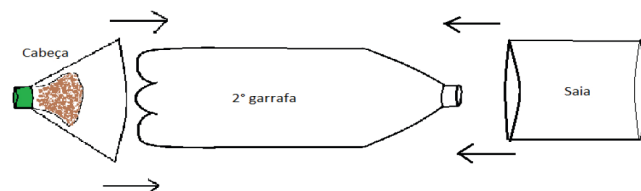


Figura 3: Encaixe do bico e a saia no foguete. Fonte: elaboração própria dos autores.

Em seguida fixamos, com a fita adesiva, o bico e a saia no foguete. Por fim, cortamos o papelão em um formato de trapézio, com quatro abas, para serem fixadas, também com a fita adesiva, no modelo do foguete. Colamos as quatro aletas como mostrado na Figura 4.

Para inserir o vinagre e o fermento dentro da garrafa PET, a qual fez o papel do corpo do foguete, utilizamos uma bexiga inflável, um funil de plástico e, ainda, 0,5 m de cano PVC, de aproximadamente 2,5 cm de diâmetro. Primeiro inserimos parte do balão dentro da garrafa, de modo que a abertura da bexiga estivesse ao lado externo do foguete. Com o auxílio do tubo de PVC e o funil, introduzimos o vinagre no balão. O tubo de cano PVC é necessário para que o vinagre tenha pressão suficiente para encher o balão. Após inserir o vinagre na bexiga, que por sua vez está dentro da garrafa, amarramos

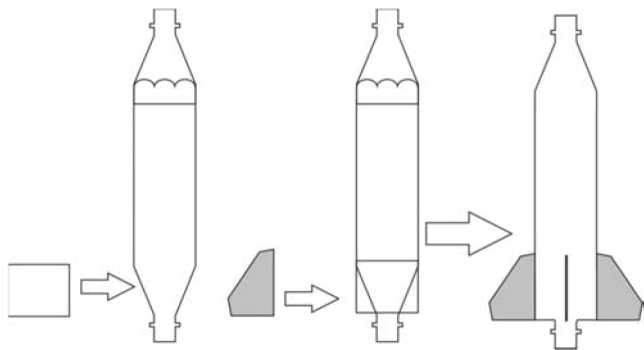


Figura 4: Estrutura do foguete com as aletas. Fonte: elaboração própria dos autores.

e soltamos o balão dentro do foguete. Depois, inserimos na garrafa, novamente com o auxílio do funil, o bicarbonato de sódio. Dessa forma percebe-se que os reagentes não estão em contato. Fixamos, então, um espeto de madeira na plataforma de lançamento e, quando inserimos o foguete nessa plataforma, a bexiga estourou. Com os reagentes em contato, a reação química teve condições para iniciar.

Outras possibilidades para construção de modelos de foguetes, assim como plataformas de lançamento, podem ser acessadas em Souza (2007); Tomita *et al.* (2007); Cuzinatto *et al.* (2015); Cuzinatto *et al.* (2017).

Referências

- CUZINATTO, R. R.; D'AMBROSIO, A. M.; ANDRADE, H. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A.; MARTINS, R. D. e TOLEDO FILHO, M. F. Rocketeers UNIFAL-MG: o ensino de física através do lançamento de foguetes artesanais. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 40-62, 2015.
- _____; _____. QUEIROZ, A. M.; TOLEDO FILHO, M. F.; DUARTE, B. R.; LORENCETTI, V. C.; MAÉSTRI, S. A. e MARTINS, R. D. Construindo um foguete de garrafas PET e sua base de lançamento de PVC: o protótipo Rocketeers. *Física na Escola*, v. 15, n. 1, p. 51-59, 2017.
- SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.
- TOMITA, N.; WATANABE, R. e NEBYLOV, A. V. Hands-on education system using water rocket. *Acta Astronautica*, n. 63, p. 1116-1120, 2007.